

Tommi Kiiskinen

# ILMASTONEUVOTTELUIDEN MALLINTAMI- NEN PELITEORIAN KEINAIN

Johtamisen ja talouden tiedekunta

Kandidaatin tutkielma

Joulukuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Tommi Kiiskinen: Ilmastoneuvotteluiden mallintaminen peliteorian keinoin  
Kandidaatin tutkielma  
Tampereen yliopisto  
Taloustieteen tutkinto-ohjelma  
Joulukuu 2019

---

Ilmastonmuutos on ajankohtainen ja jatkuvasti enemmän ihmiskuntaa koskettava aihe. Tässä tutkielmassa tutkitaan ilmastonmuutokseen liittyvää päätöksentekoa taloustieteen ja soveltavan matematiikan osa-alueen peliteorian tarjoamien mallien avulla. Tutkielman tarkoituksena on tarkastella peliteorian mallien tuottamaa antia sekä ongelmakohtia ja rajoitteita ilmastoneuvotteluiden mallintamisessa. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena.

Tutkielmassa ensimmäinen teorialuku mallintaa ilmastoneuvotteluita muutamalla toisistaan eroavalla  $2 \times 2$ -mallisella pelillä. Toisessa luvussa esitellään implementaatioteoriaa. Implementaatioteoria pyrkii ensin määrittämään halutun lopputuleman ja tämän jälkeen löytämään keinot, joilla kyseiseen lopputulemaan päästäisiin. Seuraavassa teorialuvussa esitellään ultimaatum-peli sekä hieman behavioraalisen taloustieteen näkökulmaa ilmastoneuvotteluissa. Tässä luvussa osoitetaan, että päätöksentekijät ovat loppupeleissä ihmisiä, eivätkä pysty aina toimimaan täydellisen taloustieteen rationaalisen ihmiskuvan mukaisesti.

Lopussa esitellään johtopäätökset, jossa tarkastellaan sitä, miten tutkielma vastasi johdannossa esiteltyihin tutkimuskysymyksiin. Tutkielman lopputulemana huomattiin ainakin valituilla peliteorian malleilla, että peliteoria pystyy kuvaamaan ja antamaan tietoa ilmastoneuvotteluiden problematiikasta kohtuullisen hyvin. Kuitenkin huomioidessa peliteorian ja taloustieteen rajoitteita sekä muuta aiheeseen liittyvää problematiikkaa huomataan, ettei peliteorian mallit kuvasta reaalia maailmaa kovin tarkasti.

Avainsanat: Taloustiede, Ilmastonmuutos, Peliteoria, Ilmastoneuvottelut

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	2
1.1 Tutkielman aihe .....	2
1.2 Tutkielman eteneminen .....	3
2 ILMASTONMUUTOS, IPCC JA ILMASTOSOPIMUKSET.....	5
2.1 Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli IPCC.....	5
2.2 Ilmastomuutos.....	5
2.3 Ilmastosopimukset .....	7
3 ILMASTOA KOSKEVA PÄÄTÖKSENTEKO JA PELITEORIA.....	9
3.1 Ilmastomuutoksen ominaisuudet ja peliteorian rajoitteet .....	9
3.2 Ilmastopäätöksenteko 2x2- muotoisina peleinä .....	11
3.3 Vangin dilemma .....	13
3.4 Game of chicken .....	15
3.5 Ei konfliktia- peli .....	16
3.6 Pelien rajoitteet ja epätodennäköisyys .....	17
4 IMPLEMENTAATIOTEORIA.....	19
4.1 Implementaatioteoria ja sen yhteys peliteoriaan .....	19
4.2 Panttimaksuun perustuva mekanismi.....	20
4.3 Päästövähennysten kustannusten paljastaminen .....	21
5 ULTIMAATUM-PELI JA BEHAVIORAALINEN NÄKÖKULMA ILMASTONEUVOTTeluihin.....	23
5.1 Ultimaatum-peli .....	23
5.2 Behavioraalinen näkökulma.....	25
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	27
LÄHTEET.....	28

# 1 JOHDANTO

Ihmiskunnan teot ovat aiheuttaneet arviolta  $1.0^{\circ}\text{C}$  nousun globaalissa keskiarvolämpötilassa maanpinnalla verrattuna esiteollisen ajan keskiarvolämpötilaan. Ilmaston lämpeneminen saavuttaa todennäköisesti  $1.5^{\circ}\text{C}$  tason vuosien 2030–2052 välillä, jos kehitys jatkuu nykyisellä trendillä. (IPCC 2018, 4.) Yleisesti ilmaston lämpenemisen haittapuolina pidetään muun muassa nykyisten lämpimien asuinalueiden muuttumista asuinkelvottomaksi, merenpinnan nousua sekä maapallon biodiversiteetin pienenemistä. Ihmisten toiminnan aiheuttamien päästöjen vaikutukset jatkuvat aina vuosisadoista vuosituhanteen ja tekevät jatkuvasti pitkäaikaisia muutoksia ilmastojärjestelmäämme (IPCC 2018, 5). Aikadimension ja muun ilmastonmuutokseen liittyvän epävarmuuden takia ilmaston lämpenemisen lopullisia kokonaisvaikutuksia on todella vaikeaa arvioida.

Valtavirran käsityksenä voitaisiin nykypäivänä pitää sitä, että toimenpiteitä nykytrendin mukaisen kehityksen muuttamiseksi tulisi tehdä nopeasti. Ihmisten tietoisuus ilmastonmuutoksesta ja halu vaikuttaa asiaan näkyy yleistyneenä keskusteluna aiheesta sekä ilmastolakkoiluna ympäri maailman (esim. Koivisto & Nelskylä, 2019).

## 1.1 Tutkielman aihe

Tässä kandidaatintutkielmassa tutkitaan taloustieteen ja soveltavan matematiikan osa-alueen peliteorian käyttöä ilmastonmuutokseen liittyvän poliittisen päätöksenteon mallintamisessa. Peliteoriaa on luonnehdittu muun muassa laatikoksi analyttisiä työkaluja, joilla pyritään ymmärtämään vuorovaikutuksessa olevien päätöksentekijöiden muodostamaa päätöksentekotilannetta (Osborne & Rubinstein 2011, 1), ja että peliteoria pyrkii auttamaan päätöksentekijöiden vuorovaikutustilanteiden ymmärtämisessä (Osborne, 2000, 1). Peliteoria tarjoaa siis apua luonteeltaan eroavien päätöstentekotilanteiden tutkimiseen sekä todennäköisten lopputulemien ennustamiseen.

Millä ehdoin ilmastopesimuksia voidaan saavuttaa? Millaisiin päästövähennyksiin päätöksentekijät suostuvat? Millä keinoin päätöksentekijät saadaan sitoutumaan sopimuksen ehtoihin? Muun muassa näitä kysymyksiä peliteoreettisessa tutkimuksessa on tarkasteltu lähivuosisikymmeninä. Tutkielman toteutus tapahtuu kirjallisuuskatsauksena.

Tutkielman tekeminen on perustelua ilmastonmuutoksen ajankohtaisuuden lisäksi myös sen takia, että ilmastonmuutos ja sen vaikutukset koskettavat kaikkia yhteiskuntamme toimijoita tulevaisuudessa monilla elämän eri osa-alueilla. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyvä epävarmuus on kuitenkin osa aiheen tutkimisen problematiikkaa. Muutoksen vaikutuksista maailmantalouteen on tehty

useita arvioita, yksi laajimmista selonteista on ekonomisti Nicholas Sternin vuonna 2006 julkaistu raportti. Raportin mukaan ilmastonmuutoksen vaikutukset globaaliin talouteen muun muassa rannikkokaupunkien, maanviljelyksen sekä infrastruktuurien kohtaamien ongelmien kautta voivat jättää maailmantalouteen jopa 20 prosentin pysyvän kolon bruttokansantuotteeseen suhteutettuna. (Syke, Ilmastonmuutos ja maailmantalous.)

Tutkielman päätavoitteena on tutkia peliteorian mallien käyttökelpoisuutta ilmastoneuvotteluiden mallintamisessa. Lisäksi tutkitaan mallien tuottamia tuloksia sekä syvennyttään malleihin liittyviin rajoitteisiin. Tutkielman aihe on siis laaja, ajankohtainen sekä koskettaa huomattavasti myös taloustieteilijöiden keskuudessa eräänlaisena hyvinvoinnin mittarina pidettävää talouskasvua.

”Suurin syy optimismille on se, että tiede on universaalia; ilmastonmuutoksen riskien tiedostaminen voi johtaa suurien valtioiden ymmärrykseen siitä, että päästöjen vähentäminen on valtioiden intressien mukaista pitkällä aikavälillä” (DeCanio & Fremstad 2013, 186). Voitaisiin siis argumentoida, että ilmastonmuutoksen tiedostaminen ja tieteen tekeminen aihepiiristä on yksi tehokkaimmista keinoista, joilla vastustaa nykyistä kehitystrendiä.

## 1.2 Tutkielman eteneminen

Tämän kirjallisuuskatsaustutkielman teksti etenee seuraavasti. Ensimmäisenä johdannon jälkeen määritellään IPCC ja ilmastonmuutos sekä esitellään kaksi jo solmittua ilmastopimusta. Luvussa ei määritellä ilmastonmuutosta kaiken kattavasti tai esitellä kaikkia ilmastopimuksia, vaan pyritään alustamaan aihetta tarvittava määrä, jotta tutkielman eteneminen ja seuraaminen pysyy miellyttävänä. Tutkielman analyysivaiheen peliteoria on jaettu kolmeen lukuun. Analyysivaiheiden luvuissa tehdään mallien tarkastelua niiden esittelyiden yhteydessä.

Ensimmäisessä esitellään 2x2 muodon pelejä ja niiden tarjoamaa antia ilmastonmuutoksen mallintamisessa. Tässä luvussa esitellään muutama perinteinen peliteorian peli kuten vangin dilemma.

Toisessa analyysivaiheen luvussa käsitellään implementaatioteoriaa ja muutamaa teorian mukaista mallia ilmastonmuutoksen ehkäisemisen kannalta. Viimeisessä analyysivaiheen luvussa käsitellään ensimmäisenä ultimaatum-peli, jonka jälkeen siirrytään tarkastelemaan ilmastoneuvotteluiden mallintamista peliteorian keinoilla behavioraalisen taloustieteen näkökulmasta.

Lopuksi esitellään työn yhteenveto ja kokonaisuuden tarkastelu, jossa pyritään pohtimaan, onko peliteoria relevantti työkalu ilmastonmuutoksen ehkäisemisen tieteessä. Tämän lisäksi luvussa on pohdintaa siitä, kuinka tutkielmassa olisi voitu huomioida myös eri näkökulmia ja erilaisia

peliteorian malleja ilmastoneuvotteluiden mallintamisessa, ja miten nämä muutokset olisivat mahdollisesti luoneet erilaisen kuvan aiheesta.

## 2 ILMASTONMUUTOS, IPCC JA ILMASTOSOPIMUKSET

### 2.1 Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC

IPCC eli Intergovernmental Panel on Climate Change perustettiin vuonna 1988 World Meteorological Organizationin (WMO) ja United Nations Environment Programme (UNEP) toimesta. IPCC ta-voite on tuottaa hallituksille tieteellistä informaatiota, jota voi käyttää ilmastopolitiikan kehittämi-seen. IPCC:n raportit ovat oleellisessa osassa myös kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa. IPCC:llä on tällä hetkellä 195 jäsenvaltiota. (IPCC – About.)

IPCC:n toiminta perustuu tuhansien omien alojensa ammattilaisten tutkimukseen, jonka avulla or-ganisaatio tuottaa vuosittain tuhansia tieteellisiä tekstejä ilmastomuutoksesta. Teksteillä pyritään tuottamaan kokonaisvaltaista tietoa ilmastomuutoksen syistä, vaikutuksista, siitä seuraavista ris-keistä sekä siitä, miten ilmastomuutoksen ehkäiseminen sekä siihen sopeutuminen voivat vähentää näitä riskejä. (IPCC – About.)

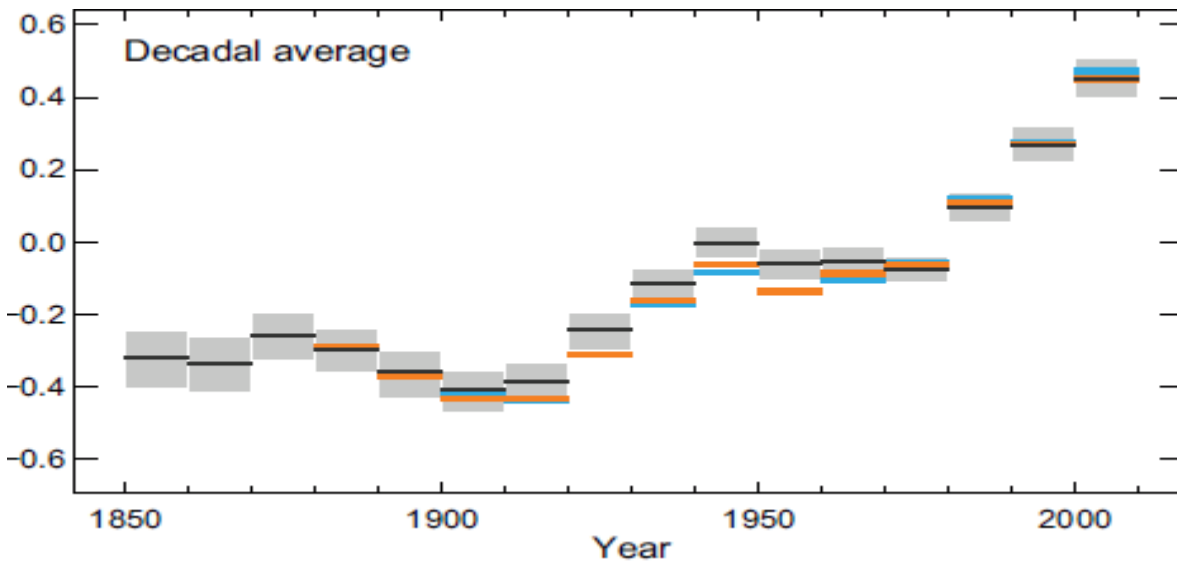
Tässä tutkimuksessa käytetään laajasti IPCC raporteista saatavaa tietoa ilmastomuutoksesta. Halli-tusten välisellä ilmastonmuutospaneelilla IPCC:llä on yleisesti luotettava maine tiedontuottajana ilmastomuutokseen liittyvissä kysymyksissä.

### 2.2 Ilmastomuutos

Luonnollisesti maapallon ilmakehässä olevat kaasut, kuten hiilidioksidi, metaani ja otsoni päästävät auringon säteilyn vapaasti läpi maapallon ilmakehään, mutta vastustavat säteilyn tuoman lämmön poistumista maapallon ilmakehästä. Nämä kaasut toimivat ikään kuin lasit kasvihuoneissa, päästäen säteilyn sisään ja samalla estää lämmön karkaamista. (Coward & Hurka, 2006, 11.) Ilman tätä kas-vihuoneilmiöksi kutsuttua efektiä maapallon lämpötila siis olisi huomattavasti nykyistä pienempi, joka johtaisi kasvaneeseen määrään asuinkelvottomien alueiden osalta maapallon pinnalla. Toisaalta kasvihuoneilmiön seurauksena ihmiskunnan tuottamat kasvihuonekaasut, kuten hiilidioksidi, jäävät myös maapallon ilmakehään. Coward & Hurka (2006, 11) argumentoivat, että ainakin osa havai-tusta ilmaston lämpenemisestä voidaan osoittaa johtuvan ihmiskunnan tuottamista kasvihuonepääs-töistä.

Ilmakehän hiilidioksidi-, metaani- ja dityppioksidipitoisuudet ovat nousseet vuodesta 1750 asti ih-miskunnan toimien seurauksena. Kolmen viimeisimmän vuosikymmenen keskilämpötilat maapal-lolla ovat olleet korkeampia, kuin minään edeltävänä vuosikymmenenä 1850-luvulta eteenpäin.

Tämän lisäksi pohjoisella pallonpuoliskolla 1983—2012 ajanjakso oli lämpimin 30 vuoden periodi viimeiseen 1400 vuoteen (medium confidence). (ICPP 2013, 5.) Ilmakehän kasvihuonekaasujen ja maapallon keskilämpötilan välillä voidaan siis havaita positiivista korrelaatiota. Kuvio 1 kuvastaa vuosikymmenen keskiarvolämpötilaa suhteessa perusjoukon 1961–1990 aikavälin keskiarvolämpötilaan. Kuvion harmaa alue kuvastaa tietoon liittyvää epävarmuutta ja eriväriset viivat (musta, sininen, keltainen) kuvaavat kolmella eri datasetillä toteutettujen tutkimusten tuloksia.



Kuvio 1. Lämpötilan anomaliat vuosikymmenittain. Perusjoukkona 1961–1990 aikavälin keskiarvolämpötila. Lähde: IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis.

Ilmastonmuutoksen todistaminen ja vaikutusten osoittaminen jätetään tämän tutkielman osalta tähän. Päästöjen vähentäminen hyödyttää niin päästöjään vähentänyttä maata, kuin muitakin maita. Todellisissa päätöksentekotilanteissa päätöksentekijät eivät välttämättä huomioi kuin heidän maa-hansa kohdistuvat hyödyt ja kulut. Tämä liittyy julkiseen hyödykkeeseen sekä vapaamatkustajaongelmaan, joita käsitellään tarkemmin myöhemmin tutkielmassa.

Jatkossa peliteoreettisia malleja tutkiessa oletetaan, että ilmastonmuutoksen ehkäiseminen ja kasvihuonepäästöjen vähentäminen on tavoite, josta kaikki peliteorian malleissa pelaajina toimivat hyötisivät pitkällä aikavälillä. On esitetty vasta-argumentteja sille, että ilmastonmuutos olisi ihmiskunnan tekojen seurausta. Tutkielmassa ei kuitenkaan ole tarkoitus osoittaa ilmastonmuutoksen johtuvan täysin ihmisten toimista, vaan keskittyä peliteorian mallien antamaan tietoon ilmastopäätöksenteosta.



## 2.3 Ilmastopimukset

UNFCCC eli United Nations Framework Convention on Climate Change, suomeksi Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastonsuojelun puitesopimus on vuonna 1992 Rio de Janeirossa käyttöön otettu sopimus. UNFCCC sopimuksen seurauksena on tuotettu paljon uutta tietoa ilmastomuutoksen tiedestä, etiikasta sekä ilmastomuutokseen liittyvästä taloudellisesta aspektista. (Bowen, Stern & Whalley 2014, 17.) Bowen, Stern ja Whalley (2014) argumentoivat, että UNFCCC saavutukset ovat kuitenkin olleet vaatimattomia suhteutettuna toimenpiteisiin, jotka vaaditaan täyttämään globaalit tavoitteet. UNFCCC prosessit toimivat jäsenten konferenssien, COP (Conference of Parties), avulla. Jäsenten konferenssien tarkoituksena on käsitellä ilmastomuutokseen liittyviä asioita laajasti ja ajoittain käydä sopimukseen johtavia neuvotteluita. (Bowen, Stern & Whalley 2014, 18.) Tunnetuimpia COP:n saavutuksia ovat vuonna 1997 julkistettu Kioton Protokolla sekä vuonna 2015 solmittu Pariisin Ilmastopimetus (About the Secretariat).

Kioton Protokolla on Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastonsuojelun puitesopimukseen liittyvä kansainvälinen sopimus, joka velvoittaa sopimuksen allekirjoittaneita jäseniä sitovin päästövähennystavoittein. Kioton Protokollaa määrittäessä todettiin, että kehittyneet maat ovat pääasiassa vastuussa kasvihuonekaasuista maapallon ilmakehässä. Tämän takia Kioton Protokolla asettaa kehitysmaita suuremman vastuun kehittyneille maille päästövähennystavoitteissa. Päästövähennysvastuita kuvataan fraasilla ”yhteiset, mutta eroavat päästövähennystavoitteet”. (The Kyoto Protocol.) Päästövähennyksien määrien eroavaisuuksia voitaisiin perustella myös reiluudella. Tavoitteiden yhtäsuuruus vaikuttaisi siihen, että kehitysmaiden olisi todella vaikeaa pyrkiä tavoittelemaan kehittyneiden maiden elintasoja.

Hyvästä tarkoituksestaan huolimatta Kioton Protokollaa voidaan kritisoida tavoitteidensa saavuttamisesta. Muun muassa USA ei ole ratifioinut tähän päivään mennessä Kioton Protokollaa, joka heikentää sopimuksen uskottavuutta päästöjen vähentämisessä. USA:n päästöt ovat maailman korkeimpien joukossa, niin kokonaisuudessaan kuin per asukas -mittarilla. Huolimatta USA:n huomattavasta osuudesta globaaleissa päästöissä, maa on ollut vastahakoinen puhuttaessa kansainvälisistä ilmastopimuksista, ainakin tapauksissa, joissa Kiina tai muut kasvavat maailmantaloudet eivät ole ratifioineet sopimusta. (Bowen, Stern & Whalley 2014, 24.) Tähän syynä on todennäköisesti se, että USA haluaa suojella asemaansa niin taloudellisesti, poliittisesti kuin sotilaallisestikin. Päästöjen vähentämisen vastakohdan saastuttamisen voidaan katsoa olevan talouskasvua tukevaa. Vakaan talouskasvun avulla maat kuten USA pystyvät säilyttämään poliittisen ja sotilaallisen asemansa maailman vaikutusvaltaisimpien maiden joukossa.

Pariisin ilmastositomus solmittiin vuonna 2015 UNFCCC jäsenten toimesta. Sopimuksen pääta-  
voitteena on pitää globaali ilmaston lämpeneminen huomattavasti alle kahdessa asteessa verrattuna  
esiteollisen ajan keskiarvolämpötiloihin. Lisäksi sopimuksen tavoitteena on pyrkiä rajoittamaan tä-  
män vuosisadan lämpenemisen määrä vain 1,5 asteeseen. Sopimus vaatii kaikkia sen ratifioineita  
toimijoita määrittelemään ”kansallisesti päätetyt kontribuutiot” sopimuksen eteen ja tekemään par-  
haansa näiden täyttämiseksi. (The Paris Agreement). Tällä hetkellä Pariisin sopimuksen on ratifioi-  
nut 187 toimijaa (The Paris Agreement, Status of Ratification). Pariisin ilmastositomuksessa ei  
kuitenkaan ole mitään päästövähennyksiin lainopillisesti sitovaa tekijää. Tätä perusteltiin päästöjen  
vähentämisen oikeudenmukaisella jakautumisella maiden välillä. Sopimusta tehtäessä sopimuksen  
lainopillisen sitomattomuuden puolesta argumentoitiin muun muassa niin, että sopimuksen ollessa  
lain mukaan sitova kehittyvät maat asettavat itselleen matalampia tavoitteita kuin ilman sitovuutta.  
(Clemencon, 2016, 6.)

Kuten Kioton Protokollalle, myös Pariisin ilmastositomukselle on esitetty kritiikkiä. Clemencon  
(2016, 3) toteaa ”Vuoden 2015 Pariisin ilmastositomus on parempi kuin ei sopimusta. Tämä on  
ehkä parasta mitä siitä voi sanoa”. Pariisin ilmastositomus on kuitenkin siinä mielessä merkityksel-  
linen, että se osoittaa maailman valtioiden halukkuuden toimia ilmastomuutosta vastaan ja sopi-  
muksen 1.5 asteen tavoitetta voidaan pitää kunnianhimoisena. Tavoitetta voidaan pitää kunnianhi-  
moisena sen takia, että sen saavuttaminen nykytrendin jatkuessa näyttää epätodennäköiseltä. Sopi-  
muksen perustuessa kuitenkin loppujen lopuksi valtioiden vapaaehtoisuuteen ja rikkomuksista seu-  
raavan rangaistuksen ollessa lähinnä julkista paheksuntaa, voitaisiin argumentoida, että Pariisin il-  
mastositomus on jossain määrin sinisilmäinen maiden vapaaehtoisuuden suhteen.

Niin Kioton Protokollan kuin Pariisin sopimuksen taustalla on käyty alojensa ammattilaisten toi-  
mesta pitkät neuvottelut sopimusten sisällöistä, tavoitteista, maiden osuuksista sekä rangaistuksista.  
Tässä luvussa käsitellyistä sopimuksista löytyy kuitenkin molemmista kritisoitavaa, mikä kuvastaa  
ilmastoneuvotteluiden monimutkaisuutta sekä neuvotteluihin liittyvää problematiikkaa, kuten julki-  
sen hyödykkeen ominaisuudet, kansallisen edun ajaminen ja ilmastomuutoksen vaikutusten epä-  
varmuus.

### 3 ILMASTOA KOSKEVA PÄÄTÖKSENTEKO JA PELITEORIA

#### 3.1 Ilmastonmuutoksen ominaisuudet ja peliteorian rajoitteet

Kansainvälisiin ilmasto-ongelmiin liittyvän peliteoreettisen analyysin suosio on kasvanut lähivuosina. Peliteoria analysoi pelin agenttien välistä kanssakäymistä, luo hypoteeseja agenttien käyttäytymisestä ja pyrkii ennustamaan tilanteiden lopputulemia. (Finus 2000, 1.) Ilmastonmuutoksen mallintamiseen peliteorian keinoin liittyy kuitenkin erikoispiirteitä, jotka vaikuttavat pelien muotoon sekä teorian tarjoamaan antiin.

Suurin haaste kansainvälisen ilmastoyhteistyön saavuttamiselle on se, että ilmastonmuutoksen ehkäisemiseen liittyy vahvoja vapaamatkustajakannustimia. Tämä johtuu siitä, että ilmastonmuutoksen ehkäiseminen on globaali julkinen hyödyke. (Wood 2010, 3.) Julkisella hyödykkeellä on kaksi ominaisuutta: se on *ei-kilpailullinen*, tarkoittaen sitä, että yhden kuluttajan kuluttaessa hyödykettä kuka tahansa toinen voi kuluttaa samaa hyödykettä ilman lisäkustannuksia. Toinen ominaisuus on hyödykkeen *ei-rajoitettavuus*, joka tarkoittaa sitä, että on huomattavan kallista tai jopa mahdotonta rajata ylimääräisiä kuluttajia hyödykkeen kulutusmahdollisuuden ulkopuolelle, kun joku toinen kuluttaja kuluttaa hyödykettä. (Bierman & Fernandez 1995, 395-396.) Julkisen hyödykkeen tässä tapauksessa voi tulkita tarkoittavan sitä, että kaikki hyötyvät ilmastonmuutoksen ehkäisemisestä, vaikka vain yksi maa tekisi tarvittavat toimenpiteet ehkäisyn takia. Yhtäkään maailman ihmistä ei pystytä sulkemaan tämän päästöjen vähentämisestä seuraavan hyödyn ulkopuolelle. Toinen, intuitiivisesti helppo tulkinta on se, että päästöjen vähentäminen parantaa hengittämämme ilman laatua, eikä tätä pystytä rajoittamaan vain päästöjä vähentäneeseen tahoon.

Julkisen hyödykkeen ominaisuudet luovat kannusteen päätöksentekijälle jatkaa saastuttamista ja hyötyä muiden tekemistä päästövähennyksistä. Lisäksi Finus (2002, 4) toteaa, että ilmastoyhteistyön saavuttamisen vaikeutta lisää se, että ei ole olemassa globaalia ylikansallista instituutiota, joka voisi valvoa tai pakottaa valtioita yhteistyöhön. Voitaisiin toki argumentoida, että IPCC voisi tulevaisuudessa olla tämänkaltaisen instituutio, mutta ainakaan tällä hetkellä IPCC:llä ei ole tarpeeksi vaikutusvaltaa roolin täyttämiseen. Tämän niin sanotun maailmanpoliisin puuttuminen tarkoittaa sitä, että jokainen valtio tekee ilmastopäätöksensä lähtökohtaisesti omien eikä globaalien intressien mukaisesti. Tämä voi johtaa siihen, että kollektiivisesti katsottuna parasta mahdollista lopputulemaa ei saavuteta ilmastoneuvotteluissa. Julkisen hyödykkeen ominaisuudet ja ylikansallisen instituution puute vaikuttavat ilmastopäätöksentekoon liittyvään pelikenttään huomattavasti. Näiden seikkojen lisäksi peliteorian tarjoamaa antia tulkitessa tulee huomioida peliteoriaan liittyvät rajoittavat tekijät, kuten todellisuuden yksinkertaistaminen. Madani (2013, 1) pitää huomioimisen arvoisena sitä, että

vaikka asioiden yksinkertaistaminen on tarpeellista monimutkaisten ilmiöiden mallintamiseksi niin yksinkertaistamisen vaikutuksia tulkittaviin lopputulemiin ei sovi unohtaa.

Peliteorian malleissa normaali entiteetti on *pelaaja*. Pelaaja voidaan tulkita olevan yksilö tai joukko yksilöitä, jotka tekevät päätöksen. (Osborne & Rubinstein 2011, 2.) Ilmastonsopimuksia tehdessä pelaajan voitaisiin tulkita olevan useimmiten valtio, tai valtiota edustava agentti. Peliteorian kuvaamat pelit sisältävät normaalimuotoisena pelaajat, heidän mahdolliset eri valintansa sekä preferenssit näiden valintojen suhteen (Osborne & Rubinstein 2011; Osborne 2000). Monimutkainenkaan peli ei kuitenkaan pysty kuvaamaan todellisuutta huomioiden kaikki vaikuttavat tekijät, kuten jokaisen pelaajan täydelliset preferenssit tai kaikki mahdolliset eri valinnat. Tämän takia pelit muodostetaan yksinkertaistetuiksi kuvauksiksi todellisuudesta. Kun puhumme todellisen elämän peleistä, keskitymme usein pelaajien eroavaisuuksiin ominaisuuksiltaan. Todellisuudessa jollakin pelaajalla voi olla parempi käsitys pelin kokonaistilanteesta tai pelaaja voi olla parempi analysoimaan tilannetta kuin toinen pelaaja. (Osborne & Rubinstein 2011, 6.)

Peliteoriassa, kuten taloustieteessä usein, oletetaan että pelaajat ovat rationaalisia. Pelaajan rationaalisuutta kuvaa Osborne & Rubinstein (2011, 4) mukaan se, että pelaaja tiedostaa vaihtoehtonsa, muodostaa oletukset tuntemattomasta, omaa selkeät preferenssit sekä tekee valintansa optimoiden oman hyötynsä. Tämä voitaisiin tulkita niin, että pelaajat tiedostavat kaikki vaihtoehtonsa, kaikki muiden pelaajien vaihtoehdot ja tekevät oman valintansa niin, että se optimoi pelaajan oman hyödyn. Tätä valintaa tehdessä pelaaja tiedostaa sen, että pelin muut pelaajat optimoivat omaa hyötyään ja suhteuttaa oman strategisen valintansa muiden pelaajien valintaan. Vasta-argumentteja ihmisten täysin rationaaliselle käyttäytymiselle voidaan esittää. Myöhemmin tutkielmassa osoitetaan, että ihmisten päätöksentekoon vaikuttaa myös muun muassa reiluuden tunne sekä vastavuoroisuus.

Monissa ilmastopäätöksentekoon liittyvissä peliteorian peleissä maat ovat pelaajia. Rationaalisuuden oletuksesta seuraa siis se, että mailla on selkeät preferenssit, jotka edustavat maan kansalaisten kokonaishyvintointia. Todellisuudessa maan eri kansalaisilla on suuresti eroavat preferenssit ja päätöksenteko perustuu poliittiseen prosessiin. (Wood 2010, 4.) Ilmastopäätöksenteossa, kuten muussakin poliittisessa päätöksenteossa, päättävät tahot pyrkivät siis tekemään päätöksensä edustettavan ryhmän etujen mukaisesti, mutta todellisuudessa tämä on haasteellista edustettavan ryhmän heterogeenisyyden takia. Lisäksi täytyy huomioda, että ilmastomuutoksen vaikutuksiin liittyvän epävarmuuden takia pelaajien eri valinnoista seuraavat lopputulemat ovat aina arvioita. Arvioihin liittyvä epävarmuus voi vaikuttaa olennaisesti päätöksentekijän valintaan, ja johtaa lopputulemaan, joka ei ole toivottu.

Seuraavassa luvussa siirrytään ensimmäisiin peliteorian malleihin ja niiden käyttöön ilmastopäätöksenteon mallintamisessa. Tutkielmassa käsitellään ensimmäisenä 2x2- muotoisia peliteorian pelejä.

2x2- muotoisessa pelissä pelaajia on kaksi kappaletta, ja kummallakin pelaajista on kaksi mahdollista valintaa. Ilmastomuutoksen liittyvässä 2x2- pelissä pelaajien vaihtoehdot ovat *saastuttaa* (jatkaa saastuttamista) tai *vähentää* (vähentää kasvihuonekaasujen tuottamaa määräänsä).

### 3.2 Ilmastopäätöksenteko 2x2- muotoisina peleinä

2x2- pelin nimitys tulee siitä, että 2x2 matriisi edustaa pelaajien eri valinnoista seuraavia lopputulemia. Rivi edustaa ensimmäisen pelaajan valintaa ja sarake toisen pelaajan valintaa. Ensimmäisen pelaajan hyödyt lopputulemistä näkyvät ensimmäisenä arvona matriisin soluissa ja toisen pelaajan hyödyt toisena. Pelaajien saamat hyödyt kuvataan järjestysluvullisesti, eli  $\{a, b, c, d\}$  ja  $\{u, v, w, x\}$  vastaavat  $\{4, 3, 2, 1\}$ . Tämä tarkoittaa sitä, että luku 4 edustaa parasta mahdollista lopputulemaa, luku 3 toiseksi parasta lopputulemaa, luku 2 toiseksi huonointa lopputulemaa ja luku 1 huonointa lopputulemaa pelaajan kannalta. (DeCanio & Fremstad 2013, 178.)

	<i>Vähentää</i>	<i>Saastuttaa</i>
<i>Vähentää</i>	<i>a, u</i>	<i>b, v</i>
<i>Saastuttaa</i>	<i>c, w</i>	<i>d, x</i>

Kuvio 2. Kahden pelaajan pelin 2x2 matriisi. Lähde: DeCanio & Fremstad 2013, 180

Yksinkertaistus luo 2x2 pelien voiman. Strateginen päätöksentekotilanne sisältää vain kaksi pelaajaa, ja kaksi mahdollista valintaa kummallekin pelaajalle. Jokaista lopputulemaa kuvataan yhdellä hyödyn arvolla pelaajaa kohti. Peli kokonaisuudessaan kuvataan siis kahdeksalla luvulla. Kahdeksan lukua tuottaa yhteensä 144 erilaista järjestysluvullista 2x2 peliä. (Robinson & Goforth 2005, 1.) Kokonaisuutena erilaisia pelejä kuvatulla järjestysluvullisella tyylillä voidaan osoittaa olevan 144 kappaletta. Huomioitavaa on, että pelit pelataan *ei-koordinoidusti* eli pelaajat tekevät päätöksensä yksilöinä, eivätkä voi koordinoida valintojaan toisen päätöksentekijän kanssa. Erilaisilla peleillä tarkoitetaan kaikkia niitä tapauksia, miten järjestysluvut  $\{4, 3, 2, 1\}$  voidaan järjestää 2x2 matriisin eri tavoin. Tämä voitaisiin tulkita niin, että eri pelit ovat erilaisia kuvauksia todellisuudesta, joissa lopputulemien aiheuttamat hyödyt tai haitat pelaajille vaihtelevat. Maanläheisesti ajateltuna tämä

voidaan ajatella niin, että joissakin peleissä saastuttamisen haitat eivät ole yhtä suuria kuin toisissa, tai joissakin peleissä päästöjen vähentämisen hyödyt ovat suurempia kuin toisissa peleissä.

DeCanio & Fremstad (2013, 178) osoittavat, että huomioimalla ilmastopäätöksenteon rajoitteet, voidaan huomioitavien 2x2 pelien määrä supistaa 144 kappaleesta 25 kappaleeseen. Ilmastorelevantteja rajoitteita peleille on kaksi. Ensimmäinen rajoite (1) on se, että lopputulema, jossa molemmat pelaajat päättävät vähentää kasvihuonekaasujen tuottamista on molemmille pelaajille parempi kuin lopputulema, jossa molemmat pelaajat jatkavat saastuttamista. Toisena rajoitteena (2) on se, että molempien pelaajien saastuttaminen tuottaa negatiivisia ulkoisvaikutuksia toiselle. (DeCanio & Fremstad 2013, 178.) Ilmastonmuutosta määrittäessä aiemmin tutkielmassa huomioitiin se, että jonkin valtion voidaan argumentoida hyötyvän ainakin lyhyellä aikavälillä ilmastonmuutoksesta. Tarkastellessa peliteoreettisia malleja tämän kaltaiset argumentit ohitetaan, koska mallien toiminta perustuu todellisuuden yksinkertaistamiselle, eikä kaikkia todellisuuden tekijöitä ole mahdollista huomioida malleissa.

Rajoitteet esitetään matemaattisesti kuvion 2 muuttujien  $\{a, b, c, d\}$  ja  $\{u, v, w, x\}$  avulla seuraavasti.

$$(1) a > d, u > x$$

$$(2) a > b, c > d, u > w, v > x$$

Näiden kahden rajoitteen avulla ilmastopäätöksentekoon relevanttien 2x2 pelien määrä saadaan supistettua 25. (DeCanio & Fremstad 2013, 178.)

Seuraavissa tutkielman osioissa käsitellään tarkemmin yksittäisiä pelejä, ja sitä, miten ne ennustavat ilmastopäätöksentekotilanteen etenevän. Ennen tätä siirtymää määritellään kaksi seuraavien osuuk-sien kannalta olennaista käsitettä. Ensimmäinen käsite, peliteoriassa hyvinkin tunnettu tasapaino on matemaatikko John Nashin mukaan nimetty Nash tasapaino. Nashin tasapaino on sellainen pelin lopputulema  $a^*$ , josta yksikään yksittäinen pelaaja ei voi päästä parempaan lopputulemaan muuttamalla omaa valintaansa. (Osborne 2000, 20.) Nash tasapainossa huomioitavaa on se, että muun muassa kahden pelaajan pelissä voitaisiin päästä Nash tasapainoa parempaan lopputulemaan, jos molemmat pelaajat muuttaisivat valintaansa yhtäaikaaisesti, mutta yksittäisen pelaajan tekemä muutos ei paranna kyseisen pelaajan hyötyä lopputulemasta. Toisena käsitteenä on maxi-min -strategia. Maxi-min -strategiaa voidaan pitää riskien minimoimisena. Maximin strategia on strategia, jossa pelaaja tekee valintansa niin, että valinnasta seuraava huonoin mahdollinen lopputulema on ainakin yhtä suuri, kuin toisen valinnan huonoin mahdollinen lopputulema pelaajan kannalta (DeCanio & Fremstad 2013, 179). Tämä voidaan ajatella intuitiivisemmin niin, että strategian valinnasta

seuraava lopputulema on väistämättä kohtalainen, vaikka muilla strategioilla voisi päästä parempaan lopputulemaan. DeCanio & Fremstad (2013, 179) toteavat, että maxi-min -strategialla varmistetaan paras lopputulema huolimatta toisten pelaajien valinnoista, joten maxi-min -strategiaa noudattavan pelaajan ei tarvitse tehdä oletuksia toisten pelaajien rationaalisuudesta, strategisesta käytöksestä tai preferensseistä.

Seuraavissa osioissa tutkimme tarkemmin eri 2x2 peleistä seuraavia lopputulemia. Pelien eroavaisuudet näkyvät eri valinnoista seuraavien lopputulemien arvojen vaihteluna. Tämän voitaisiin argumentoida kuvastavan ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioimisen epävarmuutta; pelaajat tekevät strategiset valintansa pohjautuen arvioihin siitä, kuinka suuria hyötyjä tai haittoja päästöjen vähentämisestä tai saastuttamisen jatkamisesta seuraa. Kuten aiemmin tutkielmassa perusteltiin, ilmastonmuutoksen lopullisista vaikutuksista on esitetty useita arvioita, mutta kaikkiin niihin liittyy todella suurta epävarmuutta. Ensimmäisenä käsitellään vangin dilemma peli, joka on peliteorian tunnetuimpia pelimuotoja. Tämän jälkeen tutkielmassa siirrytään hieman vähemmän tunnettujen pelien tarkasteluun.

### 3.3 Vangin dilemma

Vangin dilemma on yksi tunnetuimmista strategisista peleistä peliteorian parissa. Sen on usein käytökelpoinen peli todellisen elämän tilanteiden mallintamiseen, koska pelaajat usein kohtaavat vangin dilemman mukaisia kannustimia strategisissa vuorovaikutustilanteissa. (Osborne 2000, 19.)

Vangin dilemmassa kaksi rikoksesta epäiltyä ovat eri selleissä. Molemmat epäillyistä saavat kolmen vuoden sanktion molempien tunnustaessa rikoksen. Jos vain toinen epäillyistä tunnustaa, hänet vapautetaan ja hän joutuu todistamaan toista epäiltyä vasten. Tällöin epäilty, jota vastaan toinen todistaa, saa neljän vuoden rangaistuksen todistajan vapautuessa. Jos kumpikaan epäillyistä ei tunnusta, molemmat saavat lyhennetyn, yhden vuoden rangaistuksen. (Osborne & Rubinstein 2011, 16.)

Vangin dilemman kuvauksesta voi päätellä, että kollektiivisen hyödyn kannalta olisi parasta, jos kumpikaan epäillyistä ei tunnustaisi rikosta. Tällöin kuitenkin molemmilla epäillyillä olisi kannustin tunnustaa ja todistaa toista epäiltyä vastaan, koska tunnustanut ei saa rangaistusta olettaen, että toinen epäillyistä ei tunnusta. Nyt peliteorian rationaalisuuden ja strategisuuden oletusten valossa molemmat vangeista päättää tunnustaa rikoksensa, ja päädytään kollektiivisesti huonoimpaan mahdolliseen ratkaisuun. Tässä ratkaisussa molemmat pelaajat saavat kolmen vuoden tuomion. Kummallakaan epäillyistä ei kuitenkaan ole kannustimia muuttaa valintaansa ilman vuorovaikutusta toisen pelaajan kanssa, koska vaikenemisesta seuraisi pidempi, neljän vuoden, rangaistus.

Vangin dilemmassa siis molempien epäiltyjen valitessa tunnustamisen päädytään Nash tasapainoon (Osborne & Rubinstein 2011, 16). Vangin dilemman mallia voidaan käyttää myös ilmastopäätöksenteon mallintamiseen. Käytämme tähän mallintamiseen edellä esiteltyä 2x2 matriisia, johon on sijoitettu järjestysluvulliset arvot pelaajien saamille hyödyille eri lopputulemina. Kahden pelaajan ilmastopäätöksentekotilanteiden voidaan ajatella edustavan esimerkiksi kahden suuren valtion, kuten USA ja Kiina neuvotteluja kasvihuonepäästöjensä vähentämisestä. Tällaisessa tilanteessa tulee huomioida se, että korkein prioriteetti neuvotteluissa molemmilla pelaajilla on se, ettei heidän taloustilanteensa tai sotilaallinen mahtinsa kärsi ilmastotavoitteiden takia. (DeCanio & 2013, 180.) Alla matriisi, jossa esitellään molempien pelaajien hyödyt eri tilanteista.

	<i>Vähentää</i>	<i>Saastuttaa</i>
<i>Vähentää</i>	3, 3	1, 4
<i>Saastuttaa</i>	4, 1	2, 2*+

Kuvio 3. Vangin dilemma kuvattuna 2x2 matriisissa. \* edustaa Nash tasapainoa ja + maxi-min tasapainoa. Lähde: DeCanio & Fremstad. 2013, 180

Kuten kuviosta huomaa, kollektiivisen hyödyn kannalta olisi parempi, jos pelaajat valitsisivat päästöjen vähentämisen. Ongelmana on se, että yksittäisen pelaajan hyödyn kannalta saastuttamisen jatkaminen on parempi valinta kuin päästöjen vähentäminen. (Wood 2010, 6.) Tämä kuvastaa päästövähennysten julkisen hyödykkeen ongelmaa, jossa muutkin pelaajat hyötyvät toisten valinnasta vähentää kasvihuonepäästöjään. Tilannetta, jossa päädytään valintoihin {*Vähentää*, *Vähentää*} kutsutaan *sosiaalisesti optimiksi*. Kyseisessä lopputulemassa kollektiivinen (molempien pelaajien hyötyjen summa) hyöty maksimoituu. (Wood 2010, 6.)

Pelin Nash tasapaino ja maxi-min strategian tasapaino ovat molemmat valinnassa {*Saastuttaa*, *Saastuttaa*}. Hyötyjen {2,2} tilanteesta kummallakaan pelaajalla ei ole yksittäin kannustinta vaihtaa valintaansa päästöjen vähentämiseen, koska tällöin päästöjään vähentäneen pelaajan hyöty laskisi kahdesta yhteen. Voidaan siis argumentoida, että ilman yhteistyötä tilanne {2,2} tai {*Saastuttaa*, *Saastuttaa*} on pelin Nash tasapaino. Maxi-min strategian mukainen valinta on molemmilla pelaajilla myös saastuttaa, koska kyseisellä valinnalla pienin mahdollinen hyöty on tasapainon mukainen kaksi ja vaihtamalla valinta päästöjen vähentämiseen pienimmäksi mahdolliseksi hyödyksi tulee yksi.



Ongelmaksi ilmastoneuvotteluissa muodostuu vangin dilemman mukaan se, millä keinoin sosiaali- seen optimiin päästäisiin. DeCanio & Fremstad (2013, 180) esittävätkin kysymyksen siitä, mitä tarvittaisiin ylläpitämään valintaa  $\{Vähentää, Vähentää\}$ , jos siihen päästäisiin. Intuitiivisena vastauksena tähän kysymykseen voisi olla jokin sanktio sopimuksesta poikkeavalle valtiolle. Tällainen sanktio voisi olla esimerkiksi jonkinlainen kaupankäynnistä luopuminen sopimusta rikkoneen valtion kanssa.

### 3.4 Game of chicken

Game of chicken, suomennettuna kananpoikapeli on saanut nimensä siitä, että se on alun perin kuvastanut peliä, jossa kaksi kuskia ajaa autojaan toisiaan päin samalla kaistalla. Kuski, joka väistää ensimmäisenä saa nimen kananpoika. Kuski, joka ei väistänyt on voittaja. (DeCanio & Fremstad 2013, 182.)

Pelin voi ajatella kuvastavan tilannetta, jossa kaksi valtiota saastuttaa. Tilanne on molemmille pelaajille huonompi kuin se, että molemmat vähentäisivät saastuttamista tai se, että edes toinen vähentäisi saastuttamista. Tilannetta monimutkaistaa kuitenkin se, että toisen vähentäessä päästöjään ja toisen jatkaessa saastuttamista, saastuttamista jatkanut valtio saa suuremman hyödyn kuin silloin, jos molemmat vähentäisivät saastuttamistaan. Näin ns. lujahermoisempi, pidempään saastuttamista jatkava valtio ”voittaa” toisen valtion ollessa kananpoika ja vähentäessä päästöjään. Alla oleva matriisi havainnollistaa eri tilanteista saatavia hyötyjä.

	<i>Vähentää</i>	<i>Saastuttaa</i>
<i>Vähentää</i>	3, 3+	2, 4*
<i>Saastuttaa</i>	4, 2*	1, 1

Kuvio 4. Game of chicken kuvattuna 2x2 matriisissa. \* edustaa Nash tasapainoa ja + maxi-min tasapainoa. Lähde: DeCanio & Fremstad 2013, 182

Kuten huomataan, pelissä on kaksi Nash tasapainoa ja yksi maxi-min strategian tuottama tasapaino. Nash tasapainoissa on tasapainon luonteen mukaisesti se tilanne, ettei kummankaan pelaajan kannata muuttaa omaa valintaansa, ellei toinen pelaaja muuta omaansa. Maxi-min strategian mukainen tasapaino tuottaa hyödyt  $\{3, 3\}$ . Kananpoikapelissä ei ole pelkästään yhtä sosiaalista optimia, kuten vangin dilemmassa.

Maxi-min strategiaa noudattavia pelaajia voidaan luonnehtia riskiä välttäviksi. Kananpoikapelissä kahden maxi-min strategiaa käyttävän pelaajan välillä päädytään kananpoikapelissä  $\{Vähentää, Vähentää\}$  lopputulemaan. Voitaissiinkin siis argumentoida, että jos ilmastoneuvotteluita käyvät pelaajat ovat riskinvälttäjiä, päädytään tässä pelissä nopeasti maxi-min tasapainoon eli vähentämään päästöjä eikä Nash tasapainoon (DeCanio & Fremstad 2013, 183.) Hyötyjen määrät eri lopputulemissa muuttivat siis pelikenttää sekä tasapainoja huomattavasti vangin dilemmasta.

Maxi-min tasapainossa tässä pelissä on kuitenkin se ongelma, että molemmilla pelaajista on kannustin poiketa maxi-min valinnasta. Toisen pelaajan aloittaessa saastuttamisen kyseisen pelaajan hyöty kasvaa kolmesta neljään. Tämä tarkoittaa sitä, että riskiä välttävän pelaajan strategiaa voidaan hyväksikäyttää tässä pelimuodossa. (DeCanio S.J. & Fremstad A. 2013, 183.)

Kananpoikapeli kuvastaa siis tilannetta, jossa päästöjen vähentämisestä saatavat hyödyt jakautuvat hieman eri tavalla kuin vangin dilemma pelissä. Positiivista on, että jos todellisuus nähdään kananpoikapelin tapaisena, niin kahden riskiä välttävän pelaajan pelissä päästään haluttuun lopputulemaan eli  $\{Vähentää, Vähentää\}$ . Negatiivisena voitaisiin nähdä kannustin poiketa tästä lopputulemasta ja se, että peli kannustaa odottamaan toisen pelaajan päästöjen vähennystä eikä vähentämään omaa päästö määräänsä.

Viimeisenä 2x2 pelinä tässä tutkielmassa esitetään yksinkertainen, ei konfliktia- peli.

### 3.5 Ei konfliktia- peli

Ei ole tarvetta olettaa, että vaihtoehtojen  $\{Vähentää, Vähentää\}$  saavuttamisessa tulisi välttämättä ongelmia kansainvälisissä neuvotteluissa. On olemassa ilmastopäätöksentekoon liittyvät rajoitteet täyttyviä pelejä, joissa kansainvälisen päästövähennyssopimuksen saavuttaminen on helppoa. (DeCanio & Fremstad 2013, 179.) Alla on esitelty yksi tällaisen pelin 2x2 matriisi.

	<i>Vähentää</i>	<i>Saastuttaa</i>
<i>Vähentää</i>	4, 4*+	3, 2
<i>Saastuttaa</i>	2, 3	1, 1

*Kuvio 5. Ei konfliktia- peli kuvattuna 2x2 matriisissa. \* edustaa Nash tasapainoa ja + maxi-min tasapainoa. Lähde: DeCanio & Fremstad 2013, 179.*

Tämän kaltaisen pelin tulkintakin on mielekästä. DeCanio & Fremstad (2013, 179) toteavatkin, että tässä pelissä rationaaliset pelaajat vakiinnuttavat päätökset {*Vähentää*, *Vähentää*}. Tällaisen pelin tilanteessa molemmat päätöksentekijät ovat arvioineet, että päästöjen vähentäminen on paras strategia lähestyä päätöksentekotilannetta, riippumatta siitä päättääkö toinen osapuoli jatkaa saastuttamista vai vähentää myös päästöjään. Päästäessä tilanteeseen {*Vähentää*, *Vähentää*} kummallakaan osapuolella ei ole kannustinta muuttaa valintaansa.

Olemme nyt käsitelleet kolme 2x2 peliä, jotka poikkeavat hieman luonteeltaan ja pelaajien strategioiden tuottamilta tasapainoilta. DeCanio & Fremstad (2013, 185) kiteyttävät tutkimustaan sanomalla, että tärkein pääteltävä asia on se, ettei ole mitään syytä olettaa, että ilmastoneuvottelut ovat vangin dilemma- tyyppinen tilanne. Tämän lisäksi he sanovat, että kaikista paras tilanne olisi se, että neuvottelut olisivat ei konfliktia- peli, mutta tämä ei ole kovin realistinen odotus oikeilta ilmastoneuvotteluilta. Näiden huomioiden lisäksi he nostavat esille sen faktan, että Nash tasapaino ei ole ilmastoneuvotteluissa ainoa mahdollinen lopputulema, koska riskin välttäminen ja epäluottamus ohjaa päätöksentekijöitä käyttämään maxi-min strategiaa.

Käsiteltyjen pelien lopputulemiin pitää kuitenkin suhtautua pienellä varauksella, koska on esitettävissä paljon vasta-argumentteja sille, miksi ne eivät kuvaa todellisuutta kovinkaan tarkasti. Seuraavassa osiossa käsitellään esiteltyjen 2x2 mallien rajoitteita ja epätodenmukaisuutta.

### 3.6 Pelien rajoitteet ja epätodenmukaisuus

2x2 pelit tarjoavat hyviä työkaluja ilmastopäätöksenteon mallintamiseen, mutta niiden käyttökelpoisuudesta löytyy myös kritisoitavaa todellisen maailman tilanteiden kuvaajina.

Madani (2013, 68) mielestä globaalilla mittakaavalla miljardien ihmisten hyvinvointia sekä luontoa koskettavat päätökset eivät saa pohjautua yksinkertaisiin peleihin, jotka jättävät huomioimatta konfliktien keskeisiä piirteitä. Tämä mielipide kuvastaa ilmastomuutoksen laajuuden skaalaa. On vaikeaa estimoida ilmastomuutoksen lopullisia sosiaalisia, taloudellisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia eri puolilla maailmaa ja tilanteen kuvailu yksinkertaisilla 2x2 matriiseilla on hieman abstraktia, vaikka mallit tarjoavat työkaluja ilmastoneuvottelujen piirteiden hahmottamiseen.

Pelien yksinkertaistus myös rajoittaa päätöstentekijöiden mahdollisuuksia olla vuorovaikutuksessa. Olennaisesti, pelien oletuksien valossa pelaajat tekevät päätökset itsenäisesti toisistaan. Pelaajat, jotka tekevät päätöksensä näiden yksinkertaisten ratkaisumallien perusteella jättävät huomioimatta toisten pelaajien vastareaktiot heidän ratkaisuihinsa. (Madani 2013, 69.) Tämä vaikuttaa suuresti eri mallien tuottamiin tuloksiin. Jos käytettäisiin malleja, joissa nämä reaktiot toisten pelaajien valintoihin huomioitaisiin, päästäisiin luultavasti eri tuloksiin kuin DeCanion ja Fremstadin artikkelissa. Madani (2013, 69) toteaaakin, että voidaan argumentoida Nash ja maxi-min strategian tuottamien tapainojen epäonnistuvan ilmastoneuvotteluiden lopputulemien ennustamisessa, jos neuvottelijat ovat viisaita, eivät ole lyhytnäköisiä, eivätkä tee päätöksiään itsenäisesti huomioimatta muiden neuvottelijoiden vastauksia omiin valintoihinsa.

Lisäksi suuri ongelma näiden mallien käyttökelpoisuudessa on niiden aikadimension puute. Todellisuudessa toimijoilla on koko ajan mahdollisuus muuttaa omaa valintaansa saastuttamisen suhteen. Aikadimensio muuttaa pelien muotoa huomattavasti, koska todelliset seuraukset ilmastonmuutoksesta seuraavat vasta tulevana vuosikymmeninä tai -satoina.

2x2 muodon peleillä saadaan siis mallinnettua joitakin ilmastoneuvotteluihin liittyviä piirteitä, mutta on myös perusteltua antaa kritiikkiä siitä, kuvaavatko pelit todellisia ilmastoneuvotteluja. Vangin dilemma pelissä huomattiin, että ilmastoneuvotteluissa ei välttämättä päästä sosiaaliseen optimiin neuvotteluihin liittyvän vapaamatkustajaongelman takia. Seuraavassa tutkielman luvussa käsitellään implementaatioteoriaa. Implementaatioteoria pyrkii ensin määrittämään pelin halutun lopputuleman ja sen jälkeen muodostamaan pelin, joka pohjautuu mekanismeihin, joiden avulla saavutetaan haluttu lopputulos.

## 4 IMPLEMENTAATIOTEORIA

### 4.1 Implementaatioteoria ja sen yhteys peliteoriaan

Tässä luvussa tutkitaan eri näkökulmasta ilmastonmuutoksen ehkäisemiseen liittyviä pelejä. Edellisessä luvussa muodostimme pelin ja katsoimme mihin lopputulemaan peli ennustaisi neuvottelujen päätyvän. Tässä luvussa tutkitaan tapoja, joilla voidaan ensin asettaa halutut lopputulemat ja sen jälkeen etsiä peli, joka tuottaa kyseiset lopputulemat. Jackson (1999, 1) mukaan implementaatioteoria tutkii jonkin instituution rakenteiden ja instituution kautta tapahtuvan vuorovaikutuksen sekä vuorovaikutuksesta seuraavan lopputuleman välisiä yhteyksiä.

Peliteoria on keskeisessä roolissa strategisten kanssakäymistilanteiden mallintamisessa, ja näitä tilanteita implementaatioteoria pyrkii tutkimaan. Peliteoria pyrkii usein mallintamaan ja analysoimaan kanssakäymistilanteita niin, että itse tilanne otetaan annettuna ja pyritään ennustamaan pelaajien käytöstä ja siitä seuraavia lopputulemia. Sen sijaan että kanssakäymistilanne tai peli otettaisiin annettuna kuten peliteoriassa usein, implementaatioteoriassa pyritään suunnittelemaan kanssakäymistilanne tai peli niin, että saavutettaisiin haluttu lopputulema. (Jackson 1999, 2.)

Pelin suunnittelijan oletetaan määrittävän säännöt peliin liittyvälle kanssakäymiselle. Oletetaan myös, että pelaajat tulkitsevat ja seuraavat näitä sääntöjä kirjaimellisesti peliä pelatessaan. Pelin suunnittelija voi siis määrittää pelin rakenteen ja säännöt, mutta suunnittelija ei voi kontrolloida pelaajien preferenssejä tai valintoja. (Osborne & Rubinstein 2011, 177.) Peli voidaan siis suunnitella niin, että se pyrkii tuottamaan heti halutun lopputuleman tai niin, että se pyrkii paljastamaan tietoa pelin pelaajien preferensseistä. Jos pelin pyrkimys on tuottaa haluttu lopputulema, niin voitaisiin olettaa, että pelin suunnittelijalla täytyisi olla jonkinlainen aavistus pelaajien preferensseistä, jotta haluttuun lopputulemaan voitaisiin päästä.

Ilmastopäätöksenteossa implementaatioteorian peleissä voitaisiin ajatella olevan jonkinlaisia mekanismeja pelaajien päätöksenteon ohjaamiseen haluttuun lopputulemaan, eli päästöjen vähentämiseen. Tällaisen mekanismin voisi ajatella olevan esimerkiksi sopimusrikkomukseen liittyvä sakko tai panttiraha, jonka saa pelin suunnittelijalta takaisin vasta sopimuksen ehtojen täyttyessä. Pelin suunnittelijan roolissa voitaisiin ajatella olevan esimerkiksi joukko eri alojen ammattilaisia, jotka pyrkivät tuottamaan sellaisen ilmastoneuvottelutilanteen, jossa päästään tavoiteltuun lopputulemaan.

Seuraavaksi tutkielmassa esitellään muutama esimerkki implementaatioteorian mukaisista ilmastonmuutoksen ehkäisemiseen liittyvistä malleista.

## 4.2 Panttimaksuun perustuva mekanismi

Gerber ja Wichardt (2009) ovat tuottaneet tekstin, jossa pyritään tutkimaan mahdollisuuksia julkisten hyödykkeiden tuottamiseen ilman vahvaa instituutiota. Tekstissä on esitelty esimerkki panttimaksuun perustuvasta mekanismista, jolla sopimuksen osapuolet saataisiin sitoutumaan yhteiseen päämäärään. Tämän voidaan argumentoida sopivan hyvin ilmastoneuvotteluiden mallintamiseen. Kuten aiemmin tutkielmassa on mainittu, ilmastoneuvotteluissa yhtenä suurena ongelmana on juurikin se, ettei ole olemassa sellaista ylikansallista instituutiota, jolla olisi auktoriteettia vaikuttaa maailman maihin. Gerber ja Wichardt (2009, 429) argumentoivat, että julkisten hyödykkeiden tuottamisessa on usein ristiriita sosiaalisen intressin ja yksityisen intressin välillä. Heidän mukaansa juuri tämä ristiriita on se, joka usein estää Pareto-optimaalisen tilanteen syntymisen.

Tekstissä esitelty panttimaksuun perustuvan mekanismin sopimus pyrkii ratkaisemaan juurikin tämän vahvan instituution puutteesta syntyneen ongelman. Pelin ideana on se, että ennen sopimuksen tekemistä pelaajilla on mahdollisuus toimia niin, että sopimuksen hyväksymisestä tulee dominoiva strategia päätäntävaiheessa. Ensimmäisessä pelin vaiheessa pelaajat siis maksavat panttimaksun neutraalille osapuolelle. Panttimaksun suuruus voidaan suhteuttaa esimerkiksi maan bruttokansantuotteeseen tai muuhun vastaavaan lukuun, jotta varmistetaan panttimaksun suuruuden oikeudenmukaisuus. Tämän jälkeen, jos kaikki pelaajat ovat maksaneet panttimaksun, edetään pelin toiseen vaiheeseen. Panttimaksut palautetaan maksajille, jos kaikki pelaajat eivät ole maksaneet panttimaksua. Jos kuitenkin kaikki pelaajat osallistuvat panttimaksuun, edetään pelin toiseen vaiheeseen. Toisessa vaiheessa pelaajat osallistuvat julkisen hyödykkeen tuottamiseen ja panttimaksut palautetaan julkisen hyödykkeen tuottamiseen osallistuneille. Ne pelaajat, jotka eivät toisessa vaiheessa osallistu julkisen hyödykkeen tuottamiseen eivät saa takaisin maksamaansa panttimaksua. Panttimaksu ja julkisen hyödykkeen tuottamiseen osallistuvat maksut ovat suunniteltu niin, että toisessa vaiheessa dominoiva strategia on osallistua julkisen hyödykkeen tuottamiseen. (Gerber & Wichardt. 2009, 430.)

Wood (2010, 30) argumentoi, että tämä mekanismi tuottaa tilanteen, joka rankaisee pelaajia sopimuksesta vetäytymisestä, ilman, että siihen tarvitaan maailmanpoliisia tai ylikansallista instituutiota, joka voisi realisoida rangaistuksen. Tämän sopimusmuodon tarvitseman instituution tarvitsee vain kerätä pantit, seurata pelaajien julkisen hyödykkeen tuottamista ja palauttaa pantit (Wood 2010, 30).

Käytännössä tämän kaltaisen mekanismin voitaisiin ajatella siis toimivan niin, että sopimukseen osallistuvat maat antavat jonkinlaisen pantin siitä, että he esimerkiksi vähentävät tiettyyn vuoteen

mennessä kasvihuonepäästöjään sovitusti. Jos tätä rajaa ei saavuteta, niin pantti voitaisiin käyttää esimerkiksi ilmastonmuutoksen vastaisen tutkimuksen tai työn rahoittamiseen.

Edellä esitetyn panttimaksusopimuksen tavoittamiseksi tarvitaan kuitenkin tietoa pelaajien preferensseistä (Wood 2010, 30). Preferensseillä tässä voitaisiin tarkoittaa esimerkiksi arviota siitä, kuinka suuriin panttimaksuihin kullakin pelaajalla on varaa tai halukkuutta osallistua ja sitä, kuinka suuret kustannukset pelaajalle tuottaa sitoutua vähentämään päästöjään tietyllä määrällä. Wood (2010, 30) argumentoi, että suuri ongelma kansainvälisen yhteistyön saavuttamisessa on se, että pelaajilla on usein paljon kannustimia esittää omat arvionsa päästöjen vähentämisestä seuraavista kustannuksista todellista suurempina saadakseen neuvoteltua itselleen matalammat päästötavoitteet.

Kuten aiemmin tutkielmassa todettiin, implementaatioteorian mekanismit pyrkivät myös välillä paljastamaan pelaajien preferenssit. Seuraavassa esimerkissä esitellään mekanismi, jonka avulla pyritään paljastamaan maiden todelliset päästövähennysten kustannukset.

### **4.3 Päästövähennysten kustannusten paljastaminen**

Montero (2007) esittelee mekanismin, jolla päästölupien huutokaupan kautta pystytään paljastamaan valtioiden tai yritysten maksuhalukkuus päästöluvista, ja sitä kautta saamaan tarkempaa tietoa toimijoiden päästöjen todellisista kustannuksista.

Montero (2007, 1) toteaa, että ympäristötoimijat tietävät harvoin tarkkoja tietoja yritysten tai valtioiden todellisista päästövähennysten kustannuksista ja ilman kommunikaatiota ympäristöinstituutioiden ja yritysten tai valtioiden välillä on vaikea saavuttaa oikeaa päästöjen tasoa. Tämän takia on luotu seuraavaksi esiteltävä mekanismi, joka paljastaa ainakin lähelle todellista kustannusta osuvat päästölupien hinnat.

Wood (2010, 31) sanoo, että mekanismissa on kaupan päästölupia, joiden kappalemäärä on mallin endogeeninen muuttuja. Hän toteaa myös, että pelaajilla on kannustin tehdä tarjouksensa todenmukaisesti ja nämä tarjoukset ovat yhtä suuria heidän aiheuttamien ulkoisvaikutusten kanssa. Päästölu-pakaupan ominaisuuksiin kuuluu myös se, että päästöluvut ovat siirtokelpoisia ja murto-osa päästö-kaupan tuotoista palautetaan kaikille kauppaan osallistuneille. Tämä murto-osa on kuitenkin negatiivisesti korreloiva kauppaan osallistuvien ostajien määrän kanssa. (Montero 2007, 2.)

Mekanismin toiminta etenee niin, että ensimmäiseksi kaupan järjestäjä määrittää päästöille vahinkofunktion, joka määrittää sen, kuinka paljon tuhoa jokin määrä päästöjä aiheuttaa. Tämän jälkeen lupien ostajat ilmoittavat määrän, kuinka paljon he ovat valmiita maksamaan päästöluvista tiettyinä

ajankohtina. Viimeisenä kaupan järjestäjä julkistaa hinnan ja päästölupien määrän maksaa jokaiselle pelaajalle aiemmin mainitun murto-osan päästökaupan tuotoista. Maksun tarkoitus on saada jokainen pelaaja tekemään tarjouksensa todenmukaisesti. (Wood 2010, 31.)

Montero (2007, 5) perustelee murto-osien takaisinmaksuja päästölupien ostajille sillä, että silloin kokonaishinta päästöluvulle vastaa täysin sitä vahinkoa, jonka päästöluvan avulla ostaja tuottaa muille yhteiskunnan tai maailman osa-alueille. Hän toteaa, että tämä perustuu niin kutsuttuun VCG maksusääntöön.

VCG maksusääntö toimii niin, että kauppaan osallistuvat antavat samanaikaisesti tarjouksensa kaupankäynnin kohteena olevasta tuotteesta. Tuotteen voittaa se tarjoaja, joka tarjoaa isoimman summan, mutta kyseinen tarjoaja joutuu maksamaan vain toiseksi suurimman tarjouksen mukaisen summan. Tätä menetelmää perustellaan sillä, että menetelmän avulla voittava tarjous ei koskaan voi vaikuttaa kaupankäynnin kohteena olevan tuotteen lopulliseen hintaan, joten yhdelläkään tarjoajalla ei ole kannustinta vääristää omaa tarjoamaansa summaa. (Ausubel & Milgrom 2004, 2.)

Montero (2007) argumentoi, että tällä hänen mallillaan saadaan paljastettua todella tarkasti kaupan osallistuvien tahojen maksuhalukkuus päästöluvista ja sitä kautta johdettua tarkka arvio päästöjen arvosta.

Tällä mekanismilla saatiin siis paljastettua kauppaan osallistuvien preferenssejä päästöjen arvotukseen liittyen. Tätä tietoa voidaan käyttää esimerkiksi aiemmin esitellyn panttimaksusopimuksen laatimistilanteessa, arvottaessa panttimaksuja ja päästöjen vähennyksien suuruutta jokaiselle sopimuksen osapuolelle.

Tutkielmassa esiteltiin kaksi implementaatioteoriaan liittyvää mekanismia, joilla pystytään vaikuttamaan ilmastoneuvotteluiden lopputulemiin muokkaamalla pelikenttää tavoitteiden mukaisiksi. Pelejä voidaan siis onnistua muokkaamaan niin, että rationaalisten pelaajien pelatessa niitä päädytään haluttuun lopputulemaan. Pelaajat eivät kuitenkaan aina toimi taloustieteen rationaalisuuden mukaan, vaan heidän päätöksentekoonsa saattaa vaikuttaa esimerkiksi tunteet. Viimeisessä analyysivaiheen luvussa käsitellään ultimaatum-peli sekä ilmastoneuvotteluita behavioraalisesta näkökulmasta.



## 5 ULTIMAATUM-PELI JA BEHAVIORAALINEN NÄKÖKULMA ILMASTONEUVOTTELUIHIN

Tässä luvussa käsitellään ilmastoneuvotteluita ultimaatum-pelin sekä behavioraalisen näkökulman kannalta. Neuvotteluita käyvät ihmiset eivät käyttäydy aina taloustieteellisen rationaalisen käyttäytymisen tavoin, vaan käytökseen vaikuttavat muun muassa tunteet, virheelliset tiedot sekä asenteet. Mullainathan & Thaler (2000, 1) kuvailevat perinteisen taloustieteen luomaa ihmiskuvaa laskelmoivaksi sekä tunteettomaksi. Todellisuudessa voitaisiin argumentoida, että ihmiset tekevät päätöksiään eri tilanteissa hyvinkin impulsiivisesti tai tunnepohjaisesti, miettimättä valintojensa hyötyjä tai haittoja sen tarkemmin. Näiden inhimillisten tekijöiden takia taloustieteelliset mallit pystyvät usein vain osittain selittämään reaali maailman tapahtumia ja ilmiöitä. Ensimmäisenä tutkielmassa käsitellään ultimaatum-peliä.

### 5.1 Ultimaatum-peli

Ultimaatum-pelissä on kaksi pelaajaa. Peli alkaa niin, että toiselle pelaajista annetaan jokin rahasumma. Tämän jälkeen rahasumman saanut pelaaja ehdottaa toiselle peliin osallistuvalla taholla jotakin rahasumman jakoa. Jakoa ehdottava pelaaja voi ehdottaa pienimmillään jakoa niin, että toinen pelaaja saa pienen osuuden koko rahasummasta ja ehdotuksen tekijä saa pitää loput, tai niin, että toinen pelaaja saa koko rahasumman itselleen ja ehdottaja ei saa mitään. Ehdotuksen jälkeen pelaaja, jolle rahasumman jakoehdotus on tehty, joko hyväksyy tai hylkää ehdotuksen. Jos pelaaja hylkää ehdotuksen, kumpikaan pelaajista ei saa yhtään rahaa. Jos pelaaja hyväksyy ehdotuksen, pelaajat saavat ehdotuksen mukaiset rahasummat. (Osborne 2000, 179.)

Intuiitiivisesti voitaisiin siis ajatella, että ehdotusta laativan pelaajan olisi järkevää ehdottaa toiselle pelaajalle sellaista jakoa, että toinen pelaaja saa mahdollisimman pienen summan, ja ehdotuksen tekijälle jää mahdollisimman suuri summa. Tällöin toisen pelaajan etujen mukaista olisi hyväksyä ehdotus, koska antaessaan kieltävän vastauksen, pelaaja menettää mahdollisuutensa saada edes tuota pientä summaa. Osborne (2000, 179) argumentoi, että ehdotuksen tekevän pelaajan ehdottaessa sitä, että hän pitää koko summan ja toinen pelaaja ei saa mitään, tulisi ehdotuksen hyväksyvä tai hylkäävä pelaajan olla välinpitämätön päätöksensä suhteen, koska hän ei menetä tilanteessa mitään.

Myös Wood (2010, 10) argumentoi, että ultimatum-pelissä merkin  $x$  edustaessa ensimmäisen pelaajan tarjoamaa rahasummaa toiselle pelaajalle, olisi toisen pelaajan vastaus aina hyväksyntä, kun  $x > 0$ . Hän toteaa myös saman kuin Osborne, eli kun  $x = 0$ , ehdotusta harkitsevan pelaajan tulisi olla indifferentti päätöksensä suhteen. Wood (2010, 10–11) esittää, että jos toinen pelaaja hyväksyy

kaikki ensimmäisen pelaajan tekemät tarjoukset, olisi tasapainoehdotus pelissä se, että ensimmäinen pelaaja ehdottaa pitävänsä kaikki rahat, ja toinen pelaaja suostuu tähän. Hän esittää myös toisen tasapainon tilanteessa, jossa toinen pelaaja hyväksyy kaikki tarjoukset, joissa  $x > 0$ . Tällöin tasapainoksi tulee se, että ensimmäinen pelaaja ehdottaa summaa, joka on yhden yksikön yli 0, eli esimerkiksi yhden (tai viisi) senttiä eurosta.

Teoria siis esittää, että pelin tasapainoksi löytyisi joko  $x = 0$  tai  $x > 0$ , kuitenkin niin, että se ylittää nollan vain todella pienellä summalla. Tästä voitaisiin tulkita, että ehdotusta laativan rationaalisen pelaajan tulisi valita jompikumpi näistä vaihtoehdoista, eikä koskaan tarjota suurempaa summaa.

Wood (2010, 11) kuitenkin toteaa, että reaali maailmassa tehtyjen kokeiden mukaan ensimmäinen pelaaja tarjoaa usein huomattavasti suuremman summan toiselle pelaajalle, kuin teorian mukaan rationaalisen toimijan tulisi tarjota. Lisäksi hän kertoo, että ehdotukseen vastaavat pelaajat harvoin suostuivat ehdotuksiin, jossa heille tarjottiin alle 30% osuutta jaettavasta summasta. Tämänkaltaisten koetuloksien voitaisiin ajatella johtuvan pelaajien eli ihmisten käsityksestä epäreiluudesta ja tasa-arvosta. Voituaisiin ajatella, että ihmiset haluavat osoittaa oman vaikutusvaltansa, vaikka se maksaisikin heille tarjotun summan.

Wood (2010, 11) argumentoi, että tunne tasa-arvosta on tärkeässä roolissa kasvihuonepäästöihin liittyvissä neuvotteluissa. Hän toteaa, että per asukas päästömäärää voitaisiin pitää tasa-arvoisena maiden välillä, mutta per asukas päästömäärää on kritisoitu siitä, että mailla on erikokoiset historiallisten päästöjen määrät, joten suora per asukas päästömäärä ei olisi tasa-arvoinen tapa jakaa ilmastonlämpenemisen estämiseen tarvittavat päästövähennykset.

Voidaan siis huomata, että ultimaatum-pelissä ilmenevä epätasa-arvon tunne vaikuttaa myös ilmastoneuvotteluissa. Ilmastovähennyksissä tulisikin huomioida muun muassa se, onko maa kehittynyt vai kehittyvä valtio ja se, millainen infrastruktuuri maalla on eli onko sen helppo vähentää päästöjään vai vaatiiko se suuria investointeja. Näiden lisäksi reiluuden tunteeseen vaikuttaa muun muassa maan historialliset päästöt, joiden avulla usea kehittyväkin maa on raivannut tiensä korkeaan hyvinvointiin.

Wood (2010, 12) esittääkin mallin, jossa jokaisella maalla olisi niin sanottu budjetti päästöilleen, joka huomioisi maan historialliset päästöt. Hän kuitenkin toteaa, että tämänkaltaista ilmastopolitista ei luultavasti allekirjoittaisi moni kehittyneistä valtioista, koska ne olisivat jo käyttäneet suuren osan päästöbudjetistaan.

## 5.2 Behavioraalinen näkökulma

Kuten aiemmin tutkittaessa ultimaatum-peliä huomattiin, päätöksentekijät eivät jokaisessa tilanteessa käyttäydy perinteisen taloustieteellisen rationaalisen ihmiskäsityksen mukaan. Päätöksentekoon voi vaikuttaa muun muassa erilaiset tuntemukset reiluudesta tai empatiasta. Näiden rationaalisesta käyttäytymisestä poikkeavien taloudellisten käyttäytymismallien tutkimiseen on syntynyt behavioraalinen taloustiede, joka tutkii ihmisten taloudellista käyttäytymistä taloustieteen ja psykologian keinoin.

Mullainathan & Thaler (2000) argumentoivat, että perinteinen taloustieteellinen ihmiskuva sisältää ainakin kolme epärealistista kuvausta toimijoista: rajaton rationaalisuus, rajaton tahdonvoima sekä rajaton itsekeskeisyys. Tämän argumentin voitaisiin katsoa olevan intuitiivisesti totta: päätöstä tehdessään ihmiset eivät pysty ajattelemaan kaikkia lopputulemia täysin rationaalisesti, ihmisillä on taipumus painottaa nykyhetkeä muun muassa taloudellisia päätöksiä tehdessään sekä ihmiset usein huomioivat myös tekojensa vaikutuksen muihin toimijoihin eivätkä vain tee päätöstään oman hyötynsä takia ns. tyhjiössä.

Hasson, Löfgren. & Visser (2010) toteavatkin, että nämä päätöksentekijöiden perinteisestä rationaalisesta kuvasta poikkeavat ominaisuudet luovat ilmastopäätöksenteon mallintamiseen peliteorian keinoin stokastisuutta. Heidän mukaansa tähän stokastisuuteen liittyy vahvasti myös ilmastonmuutoksen vaikutuksien arviointiin liittyvä epävarmuus. Mullainathan & Thaler esittämät kolme epärealistista kuvausta ihmisistä rationaalisina toimijoina voitaisiin tulkita luovan stokastisuutta ilmastopäätöksentekoon esimerkiksi seuraavasti. Päätösten takana olevat ihmiset eivät ole rajattoman rationaalisia, tarkoittaen sitä, että he eivät välttämättä tiedä kaikkea tai ymmärrä kaikkea ilmastonmuutokseen ja ilmastopäätöksentekoon liittyvää informaatiota. Lisäksi he eivät ole rajattoman tahdonvoimaisia, joka voisi tässä yhteydessä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että vaikka he tietäisivät, että päästöjen vähentäminen on oikea ratkaisu, niin heille voi esimerkiksi tulla lobbausta saastuttamisen jatkamisen puolesta erinäisiltä tekijöiltä, eivätkä he pysty pysymään päätöksessä vähentää päästöjä. Sama selitys pätee myös siihen, että päätöksen tekijät eivät ole rajattoman itsekeskeisiä: vaikka heidän etunsa mukaista olisi estää ilmastonmuutosta vähentämällä maansa aiheuttamia päästöjä, se tarkoittaisi sitä, että jotkut maan asukkaat voisivat kärsiä päätöksestä esimerkiksi menetettyjen työpaikkojen muodossa. Tällöin päätöksentekijä huomioi myös heidän tilanteensa, eikä välttämättä pitäydy päätöksessä vähentää päästöjä.

Tämä behavioraalisen taloustieteen esittelemä todenmukaisempi ihmiskuva nakertaa hieman peliteorian mallien uskottavuutta ilmastoneuvotteluiden mallintamisessa. Lopullisina päätöksentekijöinä ilmastoneuvotteluissa on tälläkin hetkellä enemmän ja vähemmän mielenkiintoisia persoonia, jotka ovat loppupeleissä inhimillisiä. Tämä johtaa siihen, että loogisesti ajateltuna optimaalinen lopputulema ei välttämättä toteudu todellisuudessa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkielman päätavoitteena oli tutkia peliteorian mallien käyttökelpoisuutta sekä antaa ilmastopäättöksenteon mallintamisessa. Tutkielmassa pyrittiin etsimään todennäköisiä lopputulemia ilmastoneuvotteluissa sekä etsiä keinoja, joilla päästäisiin niin kutsuttuun sosiaaliseen optimiin, eli kollektiivisesti tarkasteltuna parhaaseen mahdolliseen lopputulemaan. Lisäksi tarkastelussa oli mallien rajoitteet sekä epätodennäköisyyden reaalimaailmaa kuvattaessa.

Tutkielmassa avattiin peliteorian antia tarkemmin 2x2- muotoisina peleinä, esiteltiin muutama implementaatioteorian keino, joilla sosiaalinen optimi olisi mahdollista saavuttaa ja viimeisenä esiteltiin ultimaatum-pelin kautta hieman behavioraalista näkökulmaa. Viimeisen luvun tavoitteena oli palauttaa mieleen se, että ilmastoneuvotteluissa toimivat osapuolet eivät aina toimi yhtä subjektiivisesti, kuin tutkielmassa oletetaan.

Tutkielmassa päästiin vastamaan tutkimuskysymyksiin hyvin joidenkin peliteorian osa-alueiden osalta, mutta lisää tutkittavaa riittää. Ilmastonmuutos on niin ajankohtainen aihe, että tutkimusta sen ympäriltä tehdään jatkuvasti, joten tiedemaailma aiheen ympärillä elää. Jatkotutkimuksia ajatellen aiheesta voisi tehdä lisätutkimusta, esimerkiksi syventymällä tarkemmin yhteen peliteorian osa-alueeseen. Lisäksi aiheesta voisi tehdä case- tyyppistä tutkimusta, esimerkiksi ottamalla kaksi suurta valtiota ja pohtimalla asioita heidän välisensä neuvottelutilanteen kannalta.

Peliteoria tarjoaa paljon työkaluja ilmastoneuvotteluiden mallintamiseen, joista pääantina ilmenee neuvotteluihin liittyvä problematiikka sekä haasteet, joita neuvottelijaosapuolet kohtaavat tehdesään päätöksiä. Tutkielmassa kuitenkin ilmeni se, että peliteorian malleihin liittyy niin paljon rajoitteita sekä ongelmakohtia, että niiden käyttämistä reaalimaailman kuvauksessa voidaan kyseenallistaa.

## LÄHTEET

- Bierman S. & Fernandez L. (1995). *Game Theory with Economic Applications*
- Bowen A., Stern N. & Whalley J. (2014). *Global Development of Policy Regimes to Combat Climate Change. World Scientific Publishing Co. Pte Ltd.*
- Clemencon, R. (2016). *The Two Sides of the Paris Climate Agreement: Dismal Failure or Historic Breakthrough?* The Journal of Environment & Development
- Coward H. & Hurka T. (2006). *Ethics and Climate Change: The Greenhouse Effect*. Wilfrid Laurier University Press.
- DeCanio S.J. & Fremstad A. (2013) Game theory and climate diplomacy. *Ecological Economics*. Elsevier. 177–187.
- Finus M. (2000). Game Theory and International Environmental Cooperation: Any Practical Application? *ResearchGate: Karl-Franzens-Universität Graz*
- Gerber A. & Wichardt P.C. (2009). *Providing public goods in the absence of strong institutions*. Journal of Public Economics. Elsevier. 429–439.
- IPCC (2013). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2018) Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty
- Jackson M. O. (1999). *A Crash Course in Implementation Theory. California Institute of Technology: Division of the Humanities and Social Sciences*
- Madani K. (2013) Modeling international climate change negotiations more responsibly: Can highly simplified game theory models provide reliable policy insights? *Ecological Economics*. Elsevier. 68–76.
- Milgrom P. & Ausubel L.M. (2006). *The Lovely but Lonely Vickrey Auction*. Stanford Institute for Economic Policy Research, Stanford University
- Montero J.P. (2007) A Simple Auction Mechanism for the Optimal Allocation of the Commons. *Pontificia Universidad Catolica de Chile: Department of Economics*
- Mullainathan S. & Thaler R.H. (2000). *Behavioral Economics. National Bureau of Economic Research*
- Osborne M.J. & Rubinstein A. (2011). *A course in Game Theory* London: The MIT Press

Osborne M.J. (2000). *An Introduction to Game Theory*. University of Toronto: Department of Economics

Robinson D. & Goforth D. (2005). *The Topology of the 2x2 Games*. Taylor & Francis e-Library

Stern N. (2006). Summary: What is the Economics of Climate Change? *OXONIA, The Oxford Institute for Economic Policy*

Wood P.J. (2010). Climate Change and Game Theory. *Environmental Economics Research Hub*. No 62

Hasson R., Löfgren Å. & Visser M. (2010). Climate change in a public goods game: Investment decision in mitigation versus adaption. *Ecological Economics*. Elsevier. 331-338

Elektroniset lähteet:

About the Secretariat: <https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat>

IPCC – About: <https://www.ipcc.ch/about/>

Koivisto, Joonas & Nelskylä, Lena, Kansainvälinen ilmastolakko näkyi kymmenillä paikkakunnilla Suomessa – Tuhansia nuoria kokoontui kaupunkien keskustoihin ja Mannerheimintie tukkeutui, <https://yle.fi/uutiset/3-10991519>, haettu 5.11.2019.

Syke, Ilmastonmuutos ja maailmantalous, <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/b9faf145-21e4-4a5b-82ee-86aa923e9e73/maailman-talous.html>, haettu 6.11.2019.

The Kyoto Protocol: [https://unfccc.int/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/kyoto_protocol)

The Paris Agreement, Status of Ratification: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>

The Paris Agreement: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement>